

I hereby certify that this correspondence is being deposited with the United States Postal Service with sufficient postage as first class mail in an envelope addressed to: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

By: 

Date: 1/12/04

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

Applic. No. : 10/694,592 Confirmation No:  
Applicant : Eric Pihet  
Filed : October 27, 2003  
Art Unit :  
Examiner :  
Title : Method for Determining Line Faults in a Bus System and Bus System  
Docket No. : WMP-IFT-808  
Customer No.: 24131

CLAIM FOR PRIORITY

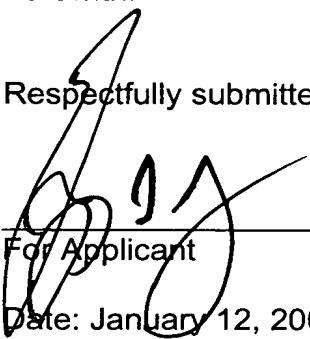
Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

Claim is hereby made for a right of priority under Title 35, U.S. Code, Section 199, based upon the German Patent Application 102 49 856.3, filed October 25, 2002.

A certified copy of the above-mentioned foreign patent application is being submitted herewith.

Respectfully submitted,

  
For Applicant

Gregory L. Mayback  
Reg. No. 40,719

Date: January 12, 2004  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100  
Fax: (954) 925-1101  
/kf



## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:** 102 49 856.3

**Anmeldetag:** 25. Oktober 2002

**Anmelder/Inhaber:** Infineon Technologies AG,  
München/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in  
einem Bussystem und Bussystem

**IPC:** H 04 L 12/26

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 06. November 2003  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

A large, stylized handwritten signature in black ink, likely belonging to the President of the German Patent and Trademark Office.

Kahle

## Beschreibung

Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem und Bussystem

5

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem und ein Bussystem.

10

Zunehmend gewinnen vernetzte Systeme zu Steuerungszwecken, die sich auf einen drahtgebundenen Datenbus als Kommunikationsmedium stützen, an Bedeutung. Ein solches vernetztes System kann beispielsweise als lokales Computernetzwerk ausgebildet sein. Im Bereich der Kraftfahrzeugtechnik ist es bekannt, durch eine Vernetzung mehrerer Steuergeräte einen Datenaustausch bzw. eine Datenkommunikation zwischen den einzelnen Steuergeräten zu ermöglichen. Durch Erstellung eines Datenprotokolls, das über eine oder mehrere Leitungen zwischen den Steuergeräten versandt wird und in dem die entsprechenden Daten an den dafür vorgesehenen Stellen eingetragen und auch wieder ausgelesen werden können, kann in erheblichem Umfang Aufwand und Material bei der Verdrahtung gespart werden. Ohne einen solchen Datenbus wäre für jede, zwischen den jeweiligen Steuergeräten auszutauschende Information eine separate Leitung notwendig.

15

20

25

Ein Beispiel eines solchen vernetzten Systems in der Kraftfahrzeugelektronik ist das Bussystem nach dem CAN-Standard (Controller Area Network). Ein CAN-Bussystem ist beispielsweise in der DE 195 230 31 A1 und der DE 35 06 118 beschrieben.

30

In derlei vernetzten Systemen kommuniziert eine Vielzahl von elektronische Steuergeräten - nachfolgend als Busteilnehmer bezeichnet - über ein Busnetz miteinander, welches im Falle eines CAN-Bussystems aus zwei miteinander verdrehten, typischerweise gegenphasig dominant getasteten Datenleitungen eines Datenbusses besteht. Ein Busteilnehmer weist zumindest

35

einen Transceiver zum Senden und/oder Empfangen von Daten sowie eine Steuereinheit, beispielsweise einen Mikrocontroller, zur Steuerung der Datenübertragung auf.

- 5 Daten werden in ein Protokoll des Datenbusses geschrieben bzw. aus diesem ausgelesen, indem die Datenleitung bzw. die Datenleitungen für eine bestimmte Zeitdauer mit einem bestimmten Spannungspegel beaufschlagt werden. Dazu ist es notwendig, dass die Steuergeräte des Bussystems ein nahezu identisches Bezugspotenzial aufweisen. Im Falle eines Kraftfahrzeuges ist dies die Fahrzeugmasse, mit der alle elektrischen Geräte in einem Kraftfahrzeug als Äquipotenzialfläche kontaktiert sind.

15 Fehlererkennung, Fehlerqualifikation

- Bei einem Bussystem ist die Wahrscheinlichkeit eines Fehlers allerdings nicht Null. Fehler können beispielsweise bei einem Kurzschluss oder einem Leitungsbruch (Leerlauf) der Datenleitungen entstehen und so die Datenübertragung stören oder unterbrechen. Aus diesem Grunde ist die Erkennung eines Fehlers notwendig.

- Problematisch ist aber, dass das Fehlerbild eines Kurzschlusses und eines Leerlaufes sich zuweilen nicht voneinander zu unterscheiden lassen. Auch führt nicht jeder Fehler zwangsläufig zu einer Unterbrechung oder Störung der Datenübertragung. Bei einigen Fehlertypen bleibt die Funktion des Bussystems sogar erhalten. Beispielsweise ist im Falle eines High-Speed CAN-Busses (HS-CAN) der Bus bei einem Leitungsbruch nicht mehr funktionsfähig. Im Falle eines Low-Speed CAN-Busses (LS-CAN) ist dieser trotz Leitungsbruch noch funktionsfähig, jedoch ist der Bus nicht mehr Ground-Shift frei. Im Falle eines Leitungsbruches bei einem Zweidraht- oder Mehrdrahtbus ist es vorteilhaft zu wissen, welcher der Drähte möglicherweise defekt ist, um dadurch die Reparatur zu vereinfachen.

In einem CAN-Kommunikationssystem mit den differenziellen Datenleitungen CANL und CANH können die folgenden Fehlerzustände auftauchen:

- 5        1. Unterbrochene CANH-Leitung (Leerlauf);
2. Unterbrochene CANL-Leitung (Leerlauf);
3. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen die Versorgungsspannung VCC;
4. Kurzschluss der CANL-Leitung gegen das Bezugspotenzial
- 10        GND;
5. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen das Bezugspotenzial
- GND;
6. Kurzschluss der CANL-Leitung gegen die Versorgungsspannung VCC;
- 15        7. Kurzschluss der CANH-Leitung gegen die CANL-Leitung.

Aus diesem Grunde ist die Erkennung sowie die Qualifikation der Art des Fehlerzustandes zwingend erforderlich, um vorzeitig Maßnahmen treffen zu können, die die Datenkommunikation der Busteilnehmer aufrecht halten.

Moderne Bussysteme sind daher mit Einrichtungen zur Fehlererkennung und Fehlerbestimmung ausgestattet, mittels denen ein Fehler in den Busleitungen erkannt und die Art des Fehlers bestimmt werden kann.

In der deutschen Offenlegungsschrift DE 195 23 031 A1 ist ein Datenübertragungssystem über einen differenziellen Bus beschrieben, der eine solche Fehlererkennungseinrichtung aufweist. Einige der oben genannten Busfehler werden von einem Transceiver erkannt, indem der jeweilige Pegel der entsprechende Busleitung mit einem internen, definierten Schwellpegel verglichen wird. Beispielsweise wird ein Fehler auf der CANH-Leitung erkannt, indem der CANH-Pegel mit einer internen Komparatorschwelle verglichen wird. Ist dieser Pegel höher als die vorgegebene Komparatorschwelle, wird nach einer bestimmten Zeit dies als Fehler erkannt. Dieser Vergleich fin-

det unabhängig davon statt, ob sich der Bus im dominanten Zustand oder im rezessiven Zustand befindet.

#### Verschiebung des Bezugspotenzials (Ground-Shift)

5

Idealerweise weist - wie bereits oben erwähnt - jeder Busteilnehmer eine Massekontaktierung mit demselben Potenzial auf. In der Realität ist dies allerdings nicht immer erfüllt. Vielmehr kann es bei einer Verschlechterung der Massekontaktierung bei einzelnen Busteilnehmern zu einer Verschiebung des Bezugspotenzials GND relativ zu anderen Busteilnehmern kommen. Eine solche Verschiebung des Bezugspotenzials GND wird nachfolgend auch als Ground-Shift oder GND-Shift bezeichnet. Die Ursache dafür liegt darin, dass sich auf einem Busteilnehmer neben dem Mikrocontroller und dem Transceiver auch andere Komponenten befinden können, die unter Umständen zu einem mehr oder weniger starken Offset im Bezugspotenzial führen können. Deshalb arbeiten die verschiedenen Busteilnehmer eines vernetzten Bussystems häufig bezogen auf unterschiedliche Referenzpotentiale GND.

Bei sehr hohen Werten dieses Ground-Shifts kann es dann zu einer Beeinträchtigung bis hin zu einer Störung der Datenübertragung kommen. Dies sei anhand eines Beispiels unter Bezugnahme auf die Figuren 1 und 2 dargestellt:

Es sei angenommen, dass der Busteilnehmer 2 im Dominant-Modus befindlich ist und somit Daten sendet. Den übrigen Busteilnehmern 3 - 5 wird dann jeweils bezogen auf deren Bezugspotenzial GND ein Potenzial  $V = V_{CANH} + GND_{shift}$  zugeführt. Im Falle eines sehr hohen Ground-Shifts  $GND_{shift}$  kann es nun dazu kommen, dass das zugeführte Potenzial höher ist, als eine in den einzelnen Busteilnehmern 3 - 5 intern vorgegebene Kurzschlusserkennungsschwelle. Dadurch wird aber von den Busteilnehmern 3 - 5 ein Fehler erkannt, obwohl das differenzielle Signal eigentlich in Ordnung ist, also kein Kurzschluss vorliegt. Die Erkennung dieses vermeintlichen Fehlers hat aber

gleichsam zur Folge, dass die jeweiligen Busteilnehmer 3 - 5 auf ihren zugeordneten Komparator schalten, um nun die Datenübertragung aufrecht zu erhalten. Durch dieses Umschalten wird aber die Leistungsfähigkeit der Datenübertragung verringert.

Ein weiterer Nachteil besteht darin, dass der Fehler als Kursschluss erkannt wird, obwohl es sich eigentlich um ein Ground-Shift Problem handelt. Das Ground-Shift Problem wird also gar nicht erkannt. Dieses könnte nur durch aufwendige zusätzliche Softwaremittel beseitigt werden.

Bei bisher bekannten Bussystemen mit Fehlererkennungseinrichtung, wie bei der bereits genannten DE 195 23 031 A1 konnte dieses Problem bisher nur soweit gelöst werden, dass die jeweilige interne Komparatorschwelle so ausgelegt ist, dass sie einen maximalen Ground-Shift von ein paar Volt (z.B.  $GND_{shift} \leq 2$  Volt) erlaubt, was aber Anwendungen mit größeren Ground-Shift-Pegeln ausschließt.

Bei einer genauen Fehlererkennung ist es daher wünschenswert zu wissen, ob ein Ground-Shift überhaupt vorhanden ist.

In der WO 97/36184 ist ein Verfahren zum Testen von Massekontaktierungen beschrieben. Dort sind jedem Busteilnehmer zwei Widerstände zugeordnet. Ist der Datenbus rezessiv, dann stellt sich im Falle eines Ground-Shifts ein durchschnittlicher Pegel am Datenbus ein. Mit dem in der WO 97/36184 beschriebenen Verfahren ist zwar keine direkte Messung des Ground-Shifts möglich, jedoch kann auf das Vorhandensein eines Ground-Shiftes geschlossen werden.

In der WO 97/36399 ist ein Verfahren zur Detektion eines Ground-Shifts bzw. eines schlechten Massekontakts beschrieben. Bei diesem Fehlererkennungsverfahren wird bei der Datenübertragung der zu übertragenden Datenpegel mit einer vorgegebenen, definierten Komparatorschwelle verglichen. Wird die-

se Komparatorschwelle überschritten muss also entweder ein Ground-Shift Fehler vorliegen oder ein tatsächlicher Fehler. Zur Differenzierung dieser Fehler wird in der unmittelbaren Nähe des Busnetzes, beispielsweise über einer Widerstandsanordnung, die Spannung gemessen und mit einer vorgegebenen Spannung verglichen. Aus dem Ergebnis dieses Vergleichs kann geschlossen werden, ob es sich um einen Ground-Shift Fehler oder einen sonstigen Fehler handelt.

10 Ungeachtet dessen ist sowohl die Fehlererkennung in der WO 97/36399 wie auch in der WO 97/36184 abhängig von dem Vorhandensein eines Ground-Shifts.

15 Ausgehend davon liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein weiter entwickeltes Verfahren zur Fehlererkennung bei vernetzten Bussystemen sowie ein Bussystem mit einem solchen Verfahren anzugeben.

20 Erfindungsgemäß wird diese Aufgabe durch ein Verfahren mit den Merkmalen des Patentanspruchs 1 sowie einem Bussystem mit den Merkmalen des Patentanspruchs 8 gelöst.

Demgemäß ist vorgesehen:

- 25 Ein Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bussystem, welches zum seriellen Datentransfer von binären Daten mindestens zwei Busteilnehmer, die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem mindestens zwei Busleitungen enthaltenden Datenbus angekoppelt sind, aufweist,
- 30 - wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern im dominanten und im rezessiven Zustand des Datenbusses erfolgt,
- wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich der Spannungspegel auf den Busleitungen mit bestimmten Schwellwerten durchgeführt wird, die oberhalb der maximalen Potentialwerte auf den Busleitungen im dominanten und
- 35 - rezessiven Zustand liegen,



- wobei der Vergleich und damit die Überprüfung eines Leitungsfehlers von einem einzigen Busteilnehmer durchgeführt wird. (Patentanspruch 1)

- 5 Ein Bussystem zum seriellen Datentransfer von binären Daten zwischen mindestens zwei Busteilnehmern, die zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem mindestens zwei Busleitungen enthaltenden Datenbus angekoppelt sind, wobei ein Busteilnehmer zumindest eine programmgesteuerte Einheit,
- 10 die das Busprotokoll enthält, zumindest einen Transceiver zum Senden und/oder Empfangen von Datensignalen und zumindest eine Einrichtung zur Fehlererkennung zur Durchführung eines der vorgenannten Verfahren aufweist. (Patentanspruch 8)
- 15 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass die Erkennung eines Busfehlers nicht notwendigerweise von allen Busteilnehmern des Bussystems erkannt werden muss. Vielmehr reicht es vollständig aus, dass die Erkennung sowie die Meldung eines Fehlers durch einen einzelnen Busteilnehmer
- 20 vorgenommen wird. Dieser leitet dann die entsprechenden Maßnahmen zur Behebung, Umgehung oder Beseitigung (Fehlermanagement-Routine) ein, so dass alle übrigen Busteilnehmer mit einbezogen werden.
- 25 Erfindungsgemäß wird daher eine Einrichtung zur Fehlererkennung bereitgestellt, bei der ein Pegelvergleich mit einer internen Schwelle nur bei einem einzigen Busteilnehmer bzw. bei einem einzigen Transceiver durchgeführt werden. Dieser Busteilnehmer bzw. Transceiver befindet sich vorteilhafterweise
- 30 im Dominant-Modus, in dem sich der Transceiver im störungsfreien Betrieb befindet, wenn das TxD-Signal dieses Transceivers auf LOW gesetzt ist. Damit wird sichergestellt, dass das Massepotenzial GND, welches als Referenz für den Fehlerkomparator verwendet wird, stets identisch ist mit dem Potenzial,
- 35 das als Referenz für den jeweiligen Buspegel dient. Der besondere Vorteil dieser erfindungsgemäßen Maßnahme besteht darin, dass die Fehlererkennung vollständig frei von einem

Ground-Shift im jeweiligen Busteilnehmer bzw. Transceiver ist.

Da vorteilhafterweise nunmehr keinerlei Einfluss des Ground-Shift-Potenzial auf die Fehlererkennung vorhanden ist, müssen auch keine zusätzlichen Maßnahmen mehr zu deren Detektion bzw. Unterdrückung oder Verhinderung getroffen werden. Dadurch werden der schaltungstechnische Aufwand der einzelnen Busteilnehmer und damit auch die damit verbundenen Kosten signifikant reduziert, ohne die Leistungsfähigkeit des Bussystems zu beeinträchtigen. Vielmehr wird durch das erfindungsgemäße Bussystem die Leistungsfähigkeit sogar gesteigert, da im Falle von fehlerhaft gemeldeten Fehlern, die auf einen Ground-Shift zurückzuführen sind, keine zeitaufwendige Umschaltung auf einen internen Komparator mehr vorgenommen werden muss. Vorteilhafterweise wird auch die Effektivität in der Datenübertragung erheblich vergrößert, da die einzelnen Busteilnehmer nunmehr seltener fehlerhafte Fehlermeldungen (Error Frames) senden. Dadurch ist die Leistungsfähigkeit der Datenübertragung sogar höher als bei bekannten Bussystemen.

Ein weiterer Vorteil besteht darin, dass nunmehr ein Fehler eindeutig als Busfehler oder als Ground-Shift Fehler erkannt werden kann. Dies minimiert gleichsam den Aufwand für die Fehlerbeseitigung und Fehlerumgehung.

Bei der Dimensionierung der einzelnen Busteilnehmer bzw. des Bussystems muss nun nicht mehr darauf geachtet werden, dass ein bestimmter maximaler Ground-Shift, wie dies gemäß dem Stand der Technik erforderlich ist, nie überschritten wird. Dadurch erreicht man einen zusätzlichen Freiheitsgrad bei der Definition und Entwicklung neuer Bussysteme.

Insbesondere lassen sich hier auch die einzelnen Widerstände, Leiterbahnen und Komparatoren eines Busteilnehmers jeweils optimal an die gegebenen Verhältnisse anpassen.

Das Bezugspotenzial ist typischerweise das Potenzial der Bezugsmasse. Die Erfindung sei jedoch nicht auf solche Systeme bzw. Schaltungen beschränkt, die bezogen auf die Bezugsmasse arbeiten. Vielmehr können die Busteilnehmer bzw. das Bussystem auch bezogen auf ein anderes Referenzpotenzial, beispielsweise das Versorgungspotenzial VCC, arbeiten.

Die Erfindung sei ferner auf alle Bussysteme anwendbar, bei denen Vergleiche eines Buspegels mit einer internen Schwelle durchgeführt werden, zum Beispiel wenn ein Busteilnehmer sich in einem Zustand befindet, bei dem dessen Referenzpotenzial für die Erzeugung der Schwelle identisch mit dem Referenzpotenzial des Busses ist.

Die Erfindung ist besonders vorteilhaft anwendbar bei Bussystemen in der Kraftfahrzeugelektronik, beispielsweise bei einem CAN-Bussystem. Dabei kann die Erfindung sowohl bei einem sogenannten High-Speed CAN-Transceiver wie auch bei einem Low-Speed CAN-Transceiver Anwendung finden. Gleichsam sei die Erfindung nicht ausschließlich auf CAN-Bussysteme beschränkt, sondern lässt sich auf alle beliebigen, wie auch immer ausgestalteten differenziellen Bussysteme erweitern.

Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung sind den Unteransprüchen sowie der Beschreibung unter Bezugnahme auf die Zeichnung entnehmbar.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand der in den Figuren der Zeichnung angegebenen Ausführungsbeispiele näher erläutert.  
Es zeigt dabei:

Figur 1 ein Blockschaltbild eines zweiadrigen Bussystems mit vier Busteilnehmern;

Figur 2 der Verlauf der Signalpegel auf der CANH-Leitung und der CANL-Leitung des Bussystems entsprechend Figur 1 im normalen Betriebszustand (ohne Fehler) (a) und im Falle eines Fehlers (b);

Figur 3 ein Blockschaltbild eines Busteilnehmers;

Figur 4 ein detailliertes Blockschaltbild der Fehlererkennungseinrichtung entsprechend Figur 3.

In allen Figuren der Zeichnung sind gleiche bzw. funktionsgleiche Elemente - sofern nichts anderes angegeben ist - mit gleichen Bezugszeichen versehen worden.

Zur Darstellung des erfindungsgemäßen Verfahrens wird zunächst das Bussystem, in welchem das erfindungsgemäße Verfahren Anwendung findet, näher beschrieben. Dieses Bussystem kann beispielsweise den in Figur 1 dargestellten Aufbau haben, jedoch wären prinzipiell auch eine andere Ausgestaltung des Bussystems denkbar.

In dem Blockschaltbild in Figur 1 ist mit Bezugszeichen 1 das erfindungsgemäße Bussystem bezeichnet. Nachfolgend wird davon ausgegangen, dass es sich bei dem vernetzten Bussystem um ein CAN-Bussystem, insbesondere ein sogenanntes Low-Speed CAN-Bussystem, handelt, ohne jedoch die Erfindung darauf zu beschränken.

Das Bussystem in Figur 1 weist vier Busteilnehmer 2 - 5 (auch Module, Kommunikationsstationen) auf. Zur seriellen Übertragung binärer Daten mittels Gegentaktsignalen sind diese Busteilnehmer 2 - 5 an einem differenziellen, zweiadrigen, typischerweise verdrehten Datenbus 6 angekoppelt, wobei die Datenkommunikation der an dem Bus 6 angeschlossenen Busteilnehmer 2 - 5 in bekannter Art und Weise statt findet. Dabei ist mit Bezugszeichen 7 die CANH-Leitung und mit Bezugszeichen 8

die CANL-Leitung des Datenbusses 6 bezeichnet. Die Leitung 7 weist somit das Signal VCANH, die Leitung 8 das Signal VCANL auf.

5 Die physikalische Ankopplung an den Zweidrahtbus 6 erfolgt über eine in jedem Busteilnehmer 2 - 5 enthaltene Sende-/Empfangseinrichtung 2a - 5a, dem sogenannten Transceiver, die zum Senden und/oder Empfangen von Daten über den Datenbus ausgelegt ist. Zu diesem Zwecke wandeln die Sende-/Empfangs-  
10 einrichtung 2a - 5a die zu sendenden Daten von einem Logikpegel innerhalb des betreffenden Busteilnehmers in digitale Signalpegel auf der bzw. den Busader/n 7, 8 und umgekehrt. Bustransceiver 2a - 5a sind in einer Vielzahl unterschiedlicher Ausführungsformen allgemein bekannt, so dass auf deren  
15 unterschiedliche Ausgestaltung nachfolgend nicht näher eingegangen werden soll.

Zur Steuerung der Datenkommunikation über den Bus 6 enthält jeder Busteilnehmer 2 - 5 eine mehr oder weniger leistungsfähige programmgesteuerte Einheit 2b - 5b, die beispielsweise  
20 einen Mikroprozessor, einen Mikrocontroller, eine Logikschaltung oder dergleichen, enthält. Für die Datenkommunikation ist in der Steuereinheit 2b - 5b eine Protokollfunktion vorgesehen, die bei für derlei Anwendungen spezialisierten Mikrocontrollern vorteilhafterweise bereits monolithisch aufintegriert ist. Jeweils ein Transceiver 2a - 5a sowie eine  
25 Steuereinheit 2b - 5b sind miteinander jeweils über Datenleitungen elektrisch verbunden.

30 Die einzelnen Busteilnehmer 2 - 5 sind über Versorgungsanschlüsse 9, 10 jeweils mit einem ersten Versorgungspotenzial VCC und einem zweiten Versorgungspotenzial, beispielsweise dem Bezugspotenzial GND, verbunden. Wie bereits einleitend erwähnt, kann es dazu kommen, dass einzelne Busteilnehmer 2 -  
35 5 einen Offset in ihrem Bezugspotenzial GND, dem sogenannten Ground-Shift, aufweisen. In Figur 1 weist lediglich der Busteilnehmer 2 einen solchen Ground-Shift auf. Dieses Ground-

Shift-Potenzial  $GND_{\text{Shift}}$  vermindert das Bezugspotenzial  $GND$  des jeweiligen Busteilnehmers 2, so dass dieser lediglich ein effektives Bezugspotenzial  $GND_{\text{eff}} = GND - GND_{\text{Shift}}$  aufweist. Wenngleich in Figur 1 lediglich der Busteilnehmer 2 einen  
5 Ground-Shift aufweist, kann dieser Effekt selbstverständlich auch bei den anderen Busteilnehmern 3 - 5 ggf. in unterschiedlicher Stärke auftreten. Der Aufbau eines solchen Busteilnehmers 2 mit Ground-Shift im Allgemeinen und des entsprechenden Transceivers 2a im Speziellen wird nachfolgend  
10 anhand von Figur 3 noch genauer beschrieben.

Über in Figur 1 nicht dargestellte Schalteinrichtungen, die in einem oder mehreren Busteilnehmern 2 - 5 vorhanden sind, lassen sich die Leitung 7 mit dem positiven Versorgungspotenzial  $VCC$  und die Leitung 8 mit dem Bezugspotenzial  $GND$  beaufschlagen. Im Falle von geöffneten Schaltern liegt damit die  
15 Leitung 7 auf einem niedrigen logischen Pegel und die Leitung 8 auf dem Pegel der Betriebsspannung  $VCC$ . Dies entspricht gleichzeitig dem einen logischen Wert der zu übertragenden binären Datensignale. Soll der jeweils andere logische Wert  
20 übertragen werden, werden im Falle von geschlossenen Schaltern die Leitung 7 mit einem hohen Pegel und die Leitung 8 mit einem niedrigen Pegel beaufschlagt. Auf diese Weise können von jedem Busteilnehmer 2 - 5 Daten über die Leitungen 7, 8 übertragen werden. Der Zustand bzw. der jeweilige Pegel auf den Leitungen 7, 8 wird im Falle von geöffneten Schaltern im  
folgenden als rezessiv und im Falle von geschlossenen Schaltern als dominant bezeichnet.

30 Im "Ruhebetrieb" (rezessiver Zustand) des Datenbusses 6, beispielsweise im abgeschalteten Zustand, im Stand-by-Betrieb oder im Power-Down-Modus, ist dessen Zustand durch eine in Figur 1 nicht dargestellte Terminierung, beispielsweise einen Widerstand (passive Terminierung) oder einen Transistor (aktive Terminierung), definiert. Der Betriebszustand bzw. der  
35 aktive Zustand (dominanter Zustand) des Datenbusses 6 wird erreicht, indem die Ausgangsstufe eines beliebigen, an den

Datenbus 6 angeschlossenen Transceivers 2a - 5a aktiv geschaltet wird. Dies erfolgt im gezeigten Beispiel durch das Steuersignal  $TxD = LOW$ , welches von der jeweiligen Steuereinheit 2b dem ihm zugeordneten Transceiver 2a zugeführt wird.

5

Figur 3 zeigt in einem Blockschaltbild den Aufbau eines Busteilnehmers, der einen Ground-Shift aufweist.

10

Der Busteilnehmer 2 weist Datenein-/ausgänge 11, 12 auf, über die er mit den beiden Busleitungen 7, 8 verbunden ist. Über die Dateneingänge 11, 12 werden dem Transceiver 2a im Empfangsmodus Datensignale zugeführt. Im Sendemodus kann der Transceiver 2a Daten über die Leitungen 7, 8 zu mindestens einem anderen Busteilnehmer 3 - 5 übertragen.

15

20

Der in Figur 1 dargestellte Busteilnehmer 2 weist ferner eine Auswerteschaltung 20 auf, die eingangsseitig mit den Leitungen 7, 8 verbunden ist. Die Auswerteschaltung 20 ist hier Bestandteil des Transceivers 2a. Die Auswerteschaltung 20 weist fünf Komparatoren 21 - 25 auf. Die Komparatoren 21, 22, 24 sind eingangsseitig mit der Datenleitung 7, die Komparatoren 21, 23, 25 mit der Datenleitung 8 verbunden. Der Komparator 21 bildet dabei den differenziellen Eingang des Transceivers und vergleicht die Signale auf den Datenleitungen, während die Komparatoren 22, 24 das Signal auf der Datenleitung 7 mit Referenzpotenzialen  $V_{ref1}$ ,  $V_{ref2}$  vergleicht, während die Komparatoren 23, 25 das Signal auf der Datenleitung 8 mit Referenzpotenzialen  $V_{ref3}$ ,  $V_{ref4}$  vergleicht. Die Referenzpotenziale  $V_{ref1}$ - $V_{ref4}$  sind jeweils auf ein Bezugspotenzial der Auswerteschaltung bezogen sind, wobei dieses Bezugspotenzial gegenüber Massepotenzial  $GND$  einen Ground-Shift  $GND_{shift}$  aufweist.

25

30

35

Die Auswerteschaltung 20 weist ferner eine Multiplexerschaltung 26 sowie eine Schaltung zur Fehlererkennung 27 auf. In den Multiplexer 26 werden eingangsseitig die Ausgangssignale der Komparatoren 21, 24, 25 eingekoppelt. Die Schaltung zur

Fehlererkennung 27 ist eingangsseitig mit den Ausgängen der Komparatoren 21, 22, 23 verbunden. Der Multiplexer 26 ist über die Leitung 28 mit dem Ausgang 29 der Auswerteschaltung 20 und damit des Transceivers 2a verbunden. Im Falle eines fehlerfreien Differenzsignals  $V_{DIFF} = V_{CANL} - V_{CANH}$  und für bestimmte Fehler schaltet der Multiplexer 26, der über Leitungen 30 von der Fehlererkennungsschaltung 27 angesteuert wird, die jeweiligen Signale der Leitungen 31, 34, 35 auf den Ausgang 29 durch. Die Funktion dieses Multiplexers 26 sowie der Fehlererkennungsschaltung 27 wird nachfolgend noch genauer erläutert.

Der erste Komparator 21, der eingangsseitig mit den Eingängen 11, 12 und damit mit den Leitungen 7, 8 verbunden ist, bildet die Differenz zwischen den Pegeln auf den Leitungen 7, 8. Ausgangsseitig stellt der Komparator 21 das Differenzsignal  $V_{DIFF} = V_{CANL} - V_{CANH}$  bereit.

Die Leitung 7 führt auch auf den Komparator 22, der das Signal  $V_{CANH}$  mit einem Schwellenwert vergleicht, der zwischen dem dominanten und rezessiven Pegel auf der Leitung 7 unter Berücksichtigung des Ground-Shifts liegt. Der Komparator 22 erzeugt ausgehend davon auf der Leitung 32 ein Fehlersignal nur dann, wenn der Signalpegel  $V_{CANH}$  über einem Schwellenwert, der bereits Ground-Shift bereinigt vorliegt, liegt. Die Leitung 32 führt auf die Fehlererkennungsschaltung 27. Im Falle eines Fehlers wird somit das ausgangsseitig vom Komparator 22 bereitgestellte Signal nicht dem Ausgang 29 zugeführt.

In entsprechender Weise ist der Komparator 23 mit der Leitung 8 verbunden, die den Signalpegel  $V_{CANL}$  Ground-Shift bereinigt mit einem zwischen dem dominanten und rezessiven Pegel liegenden Schwellenwert vergleicht. Der Komparator 23 erzeugt ein hohes Signal auf der Leitung 33, wenn der Signalpegel  $V_{CANL}$  auf der Leitung 8 unter dem vorgegebenen Schwellenwert liegt.



Der Komparator 24 vergleicht den Signalpegel VCANH auf der Leitung 7 mit dem Ground-Shift bereinigten Referenzpotenzial GND. In gleicher Weise vergleicht der Komparator 25 den Signalpegel VCANL auf der Leitung 8 mit dem Ground-Shift bereinigten Versorgungspotenzial VCC.

Da nicht notwendigerweise jeder erkannte Fehler gleichzeitig zur Störung in der Datenkommunikation führt, kann bei Vorliegen einzelner, vorbestimmter Fehler die Datenkommunikation dennoch aufrecht erhalten werden. Zu diesem Zweck weist die Fehlererkennungsschaltung 27 bzw. die Auswerteschaltung 20 auch eine Einrichtung auf, mittels der die Art des erkannten Fehlers bestimmt wird.

Figur 4 zeigt anhand eines Blockschaltbildes eine erfindungsgemäße Einrichtung, mit der ein Kurzschluss der Leitungen 7, 8 gegen die Versorgungsspannung VCC, GND erkannt werden kann. Zum besseren Verständnis sind die Komparatoren 21, 22, 23, die die Eingangssignale dieser Einrichtung erzeugen, ebenfalls dargestellt. Die Erkennung dieser beiden Fehler ERR3, ERR6 wird durchgeführt, wenn die vorgegebene Komparatorschwelle der Komparatoren 22 bzw. 23 überschritten wird und die Endstufe der Auswerteschaltung eingeschaltet ist. Die jeweiligen Fehler ERR3, ERR6 werden nur dann durchgeschaltet, wenn der Komparator 21 einen Rezessivzustand für den Fehler ERR6 und einen Dominanzzustand für den Fehler ERR3 erkennt. Die Signale  $CANH_{SON}$  und  $CANL_{SON}$  sind zwei Signale, die das Einschalten der Endstufe des Busteilnehmers 2 bzw. Transceivers 2a an den Leitungen 7, 8 melden.  $CANH_{SON} = HIGH$  bedeutet, dass die Endstufe des jeweiligen Busteilnehmers 2 bzw. Transceivers 2a eingeschaltet ist. Das TxD-Signal des Transceivers kann im vorliegenden Fall dann nicht direkt genutzt werden, da hier typischerweise eine Time-Out-Funktion implementiert ist, die diese Endstufe abschaltet, falls das TxD-Signal länger als 2 ms im Dominant-Zustand ist. Maßgeblich ist, dass die Signale  $CANH_{SON}$  und  $CANL_{SON}$ , die angeben, ob die jeweili-

ge Endstufe eingeschaltet oder ausgeschaltet ist, mit den Ausgangssignalen der Komparatoren 22, 23 UND-verknüpft werden, wodurch nur dann ein Fehlersignal ERR3 bzw. ERR6 erzeugt wird, wenn sich die jeweilige Endstufe im Dominant-Modus befindet.

Die Fehlersignale ERR3, ERR6 stehen an Ausgängen von Flip-Flops 40, 41 zur Verfügung deren Setz-Eingängen über jeweils einen Zähler 42, 43 und ein Verzögerungsglied 44, 45 Signale zugeführt sind, die aus einer UND-Verknüpfung je eines der Signal CANHSON bzw. CANLSON mit je einem der Ausgangssignale der Komparatoren 22, 23 erzeugt werden.

Die Flip-Flops werden nach Maßgabe des Ausgangssignals des Komparators 21 zurückgesetzt, wobei dem Flip-Flop 41 dieses Ausgangssignal über ein Verzögerungsglied 50 und einen Zähler 51 und dem Flip-Flop 40 über einen Inverter 52 sowie ein Verzögerungsglied 53 und einen Zähler 54 zugeführt sind.

Die in Figur 4 dargestellte Schaltung stellt somit nur dann Fehlersignale für die weitere Verarbeitung zur Verfügung, wenn sich die jeweilige Ausgangsstufe im Dominant-Modus befindet.

Für ein High-Speed CAN-Bussystem kann prinzipiell die gleiche Schaltung wie in den Figuren 1, 3 und 4 benutzt werden, um die entsprechenden Fehler zu erkennen. Jedoch sind hier die Verzögerungszeiten entsprechend an die höhere Geschwindigkeit des Bussystems anzupassen. In diesem Fall ist aber der Fehler ERR3, d.h. ein Kurzschluss der Leitung 7 gegen die Versorgungsspannung VCC, weniger aufschlussreich, da durch die High-Speed Buskonfiguration für diesen Fall überhaupt keine Datenübertragung mehr möglich ist.

Die vorliegende Erfindung wurde anhand der vorstehenden Beschreibung so dargestellt, um das Prinzip der Erfindung und dessen praktische Anwendung bestmöglichst zu erklären, jedoch

lässt sich das erfindungsgemäße Verfahren bei geeigneter Abwandlung selbstverständlich in mannigfaltigen anderen Ausführungsformen realisieren.

## Bezugszeichenliste

	1	Bussystem
5	2 - 5	Busteilnehmer
	2a - 5a	Transceiver
	2b - 5b	Steuergerät, programmgesteuerte Einheit, Mikrocontroller, Mikroprozessor
	6	differentieller Datenbus
10	7	Busleitungen, CANH-Leitung
	8	Busleitungen, CANL-Leitung
	9, 10	Anschlüsse der Versorgungsspannung
	11, 12	Datenein-/ausgänge
15	20	Auswerteschaltung
	21 - 25	Komparatoren
	26	Multiplexerschaltung
	27	Schaltung zur Fehlererkennung
	28	Leitung
20	29	Ausgang
	30 - 35	Leitungen
	40, 41	RS-Flip-Flop
	42, 43, 51	Zähler
	44, 45	Verzögerungsglied
25	50, 53	Verzögerungsglied
	51, 54	Zähler
	VCC	erstes (positives) Versorgungspotenzial
	GND	zweites Versorgungspotenzial, Potenzial der Bezugsmasse, Referenzpotenzial
30	GND <sub>Shift</sub>	Offset im Referenzpotenzial, Ground-Shift
	VCANH	Signal
	VCANL	Signal
	ERR6, ERR3	Fehler
	CANH <sub>SON</sub>	Signal
35	CANL <sub>SON</sub>	Signal
	TxD,	Signale
	RxD	Signale

## Patentansprüche:

- 5 1. Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem  
Bussystem (1), welches zum seriellen Datentransfer von binä-  
ren Daten mindestens zwei Busteilnehmer (2 - 5), die zum Zwe-  
cke der Datenkommunikation untereinander an einem mindestens  
zwei Busleitungen (7, 8) enthaltenden Datenbus (6) angekop-  
10 pelt sind, aufweist,
- wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern im dominanten  
und im rezessiven Zustand des Datenbusses (6) erfolgt,
  - wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich  
der Spannungspegel auf den Busleitungen (7, 8) mit be-  
15 stimmten Schwellwerten durchgeführt wird, die oberhalb der  
maximalen Potentialwerte auf den Busleitungen (7, 8) im  
dominanten und rezessiven Zustand liegen,
  - wobei der Vergleich und damit die Überprüfung eines Lei-  
tungsfehlers von einem einzigen Busteilnehmer (2) durchge-  
20 führt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,  
dadurch gekennzeichnet ,  
dass derjenige Busteilnehmer (2), der die Fehlererkennung  
vornimmt, im dominanten Betriebs-Modus betrieben wird und die  
übrigen Busteilnehmer (3 - 5) jeweils zumindest auf einen re-  
zessiven Betriebsmodus gesetzt werden.
3. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
30 dadurch gekennzeichnet ,  
dass die Fehlererkennung durch einen Pegelvergleich mit einer  
internen Schwelle eines Komparators erfolgt.
4. Verfahren nach Anspruch 3,  
35 dadurch gekennzeichnet ,  
dass die interne Schwelle des Komparators unabhängig von ei-  
nem Ground-Shift ist.

5. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass bei der Bestimmung der Schwelle zumindest ein Busteil-  
5 nehmer (2 - 5) sich in einem Zustand befindet, bei dem sein  
Referenzpotenzial (GND) für die Erzeugung der internen  
Schwelle identisch ist mit einem Bezugspotenzial (GND) des  
Datenbusses (6).
- 10 6. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass ein erkannter Fehler mittels einer Einrichtung zur Feh-  
lerbeseitigung beseitigt oder umgangen wird.
- 15 7. Verfahren nach einem der vorstehenden Ansprüche,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass das Bezugspotenzial (GND) das Potenzial der Bezugsmasse  
(GND) ist.
- 20 8. Bussystem (1) zum seriellen Datentransfer von binären Da-  
ten zwischen mindestens zwei Busteilnehmern (2 - 5), die zum  
Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem mindes-  
tens zwei Busleitungen (7, 8) enthaltenden Datenbus (6) ange-  
koppelt sind, wobei ein Busteilnehmer (2 - 5)  
25
  - zumindest eine programmgesteuerte Einheit (2b - 5b), die  
das Busprotokoll enthält,
  - zumindest einen Transceiver (2a - 5a) zum Senden  
und/oder Empfangen von Datensignalen (CANL, CANH) und
  - zumindest eine Einrichtung zur Fehlererkennung zur

30 Durchführung eines der vorgenannten Verfahren aufweist.

9. Bussystem nach Anspruch 8,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass zumindest ein Busteilnehmer (2 - 5) eine Einrichtung zur  
35 Fehlererkennung aufweist, die eine vollständig Ground-Shift  
unabhängige Fehlererkennung eines Leitungsfehlers der Buslei-  
tungen (7, 8) vornimmt.

10. Bussystem nach einem der Ansprüche 8 bis 9,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Busteilnehmer (2 - 5), insbesondere der Transceiver  
5 (2a - 5a), neben den Mitteln zur Fehlererkennung auch Mittel  
zur Fehlerqualifizierung aufweist und dass mittels der Mittel  
zur Fehlerqualifizierung bestimmbar ist, welche Art von Fehler  
vorliegt.

10 11. Bussystem nach einem der Ansprüche 8 bis 10,  
dadurch gekennzeichnet,  
dass der Datenbus (6) zur seriellen Übertragung binärer Daten  
mittels Gegentaktsignalen (CANL, CANH) ausgelegt ist und zu  
diesem Zweck als differenzieller, zweiadriger Datenbus (6)  
15 ausgebildet ist, dessen beide Busleitungen (7, 8) miteinander  
verdrillt sind.

12. Bussystem nach einem der Ansprüche 8 bis 11,  
dadurch gekennzeichnet,  
20 dass das Bussystem (1) als CAN-Bussystem ausgebildet ist.

### Zusammenfassung

Verfahren zur Überprüfung von Leitungsfehlern in einem Bus-  
5 system und Bussystem

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Überprüfung von Lei-  
tungsfehlern in einem Bussystem, welches zum seriellen Daten-  
transfer von binären Daten mindestens zwei Busteilnehmer, die  
10 zum Zwecke der Datenkommunikation untereinander an einem min-  
destens zwei Busleitungen enthaltenden Datenbus angekoppelt  
sind, aufweist,

- wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern im dominanten  
und im rezessiven Zustand des Datenbusses erfolgt,
- 15 - wobei die Überprüfung von Leitungsfehlern durch Vergleich  
der Spannungspegel auf den Busleitungen mit bestimmten  
Schwellwerten durchgeführt wird, die oberhalb der maxima-  
len Potentialwerte auf den Busleitungen im dominanten und  
rezessiven Zustand liegen,
- 20 - wobei der Vergleich und damit die Überprüfung eines Lei-  
tungsfehlers von einem einzigen Busteilnehmer durchgeführt  
wird.

Ferner betrifft die Erfindung auch ein Bussystem, bei dem zu-  
mindest ein Busteilnehmer eine Einrichtung zur Fehlererken-  
5 nung zur Durchführung eines der vorgenannten Verfahren auf-  
weisen.

Figur 3



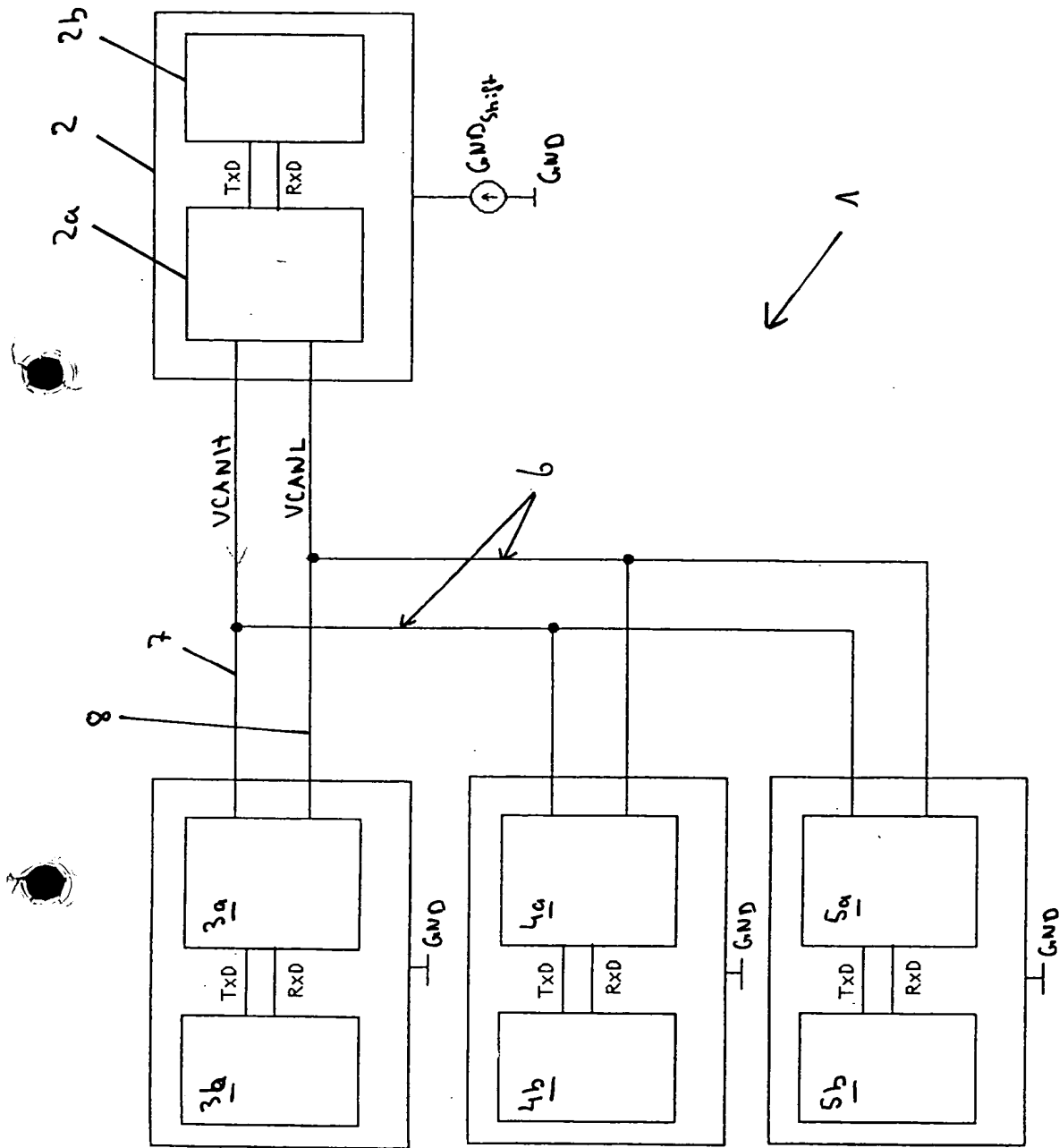
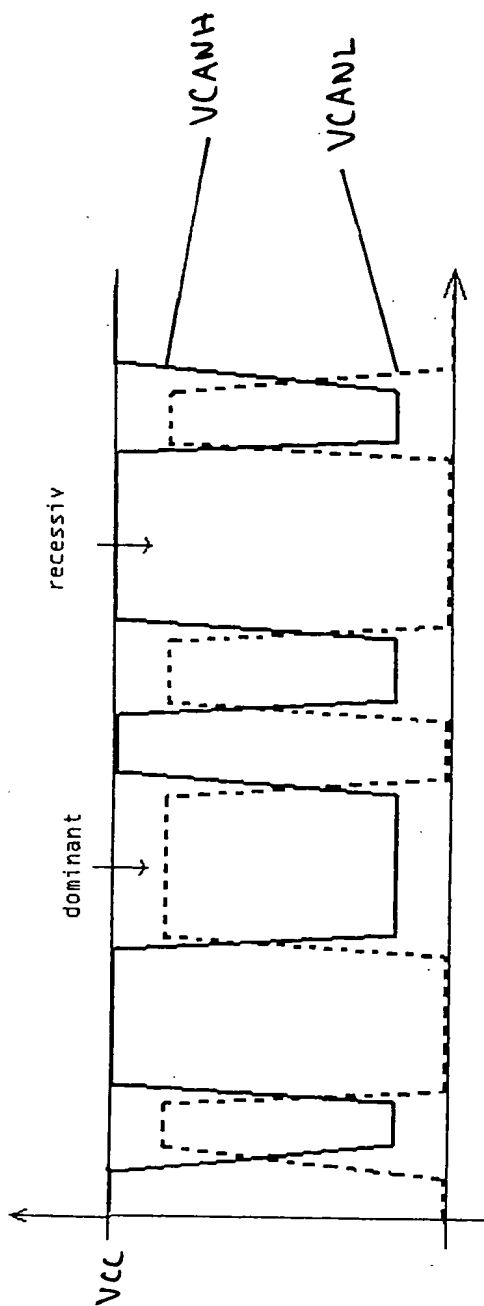
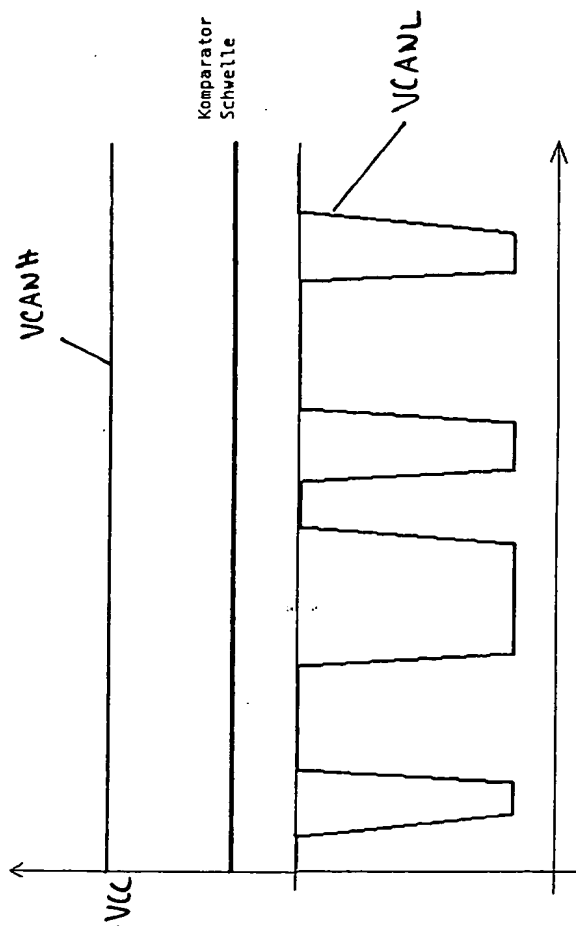


Figure V



(a)



(b)

Figur 2

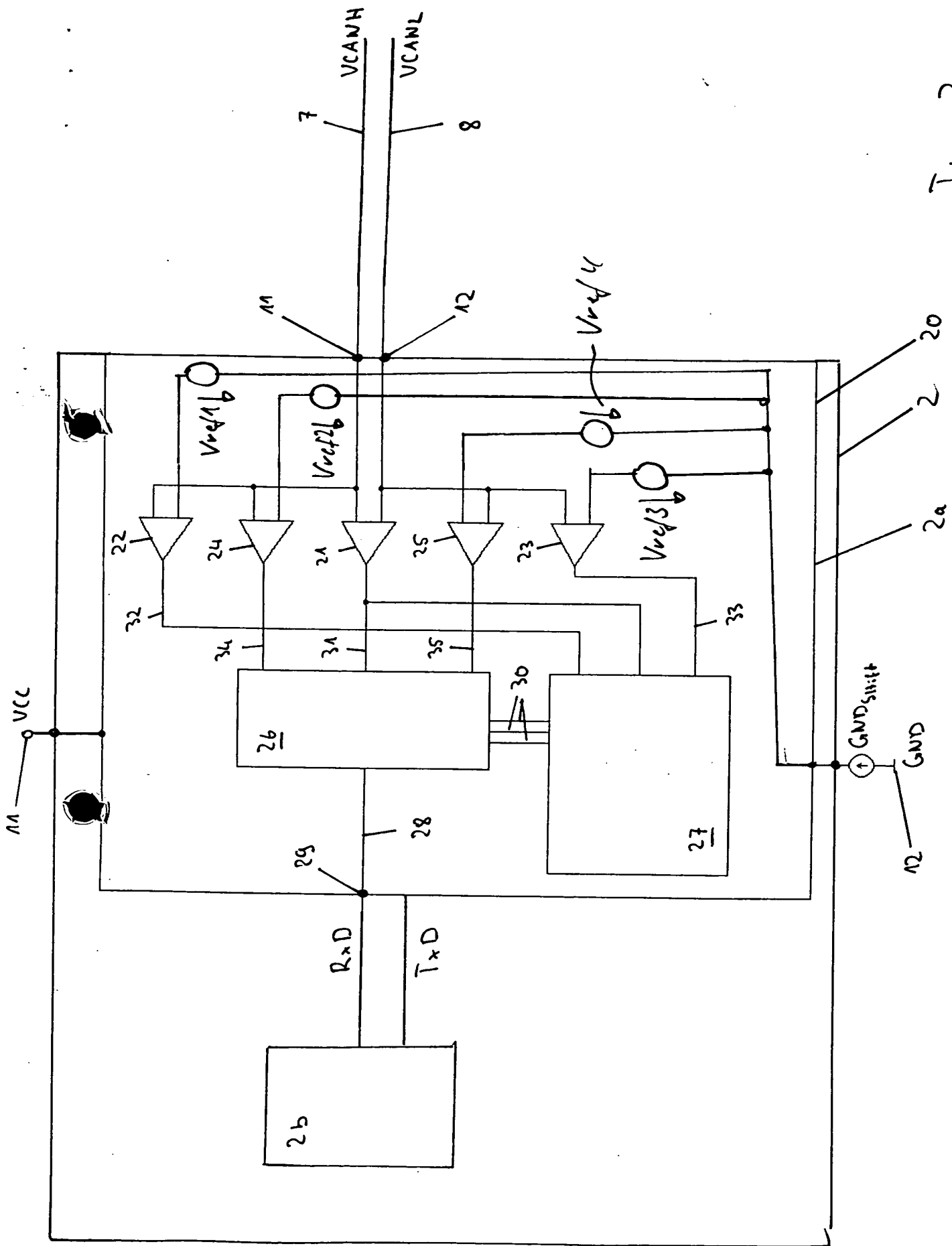


Figure 3

414

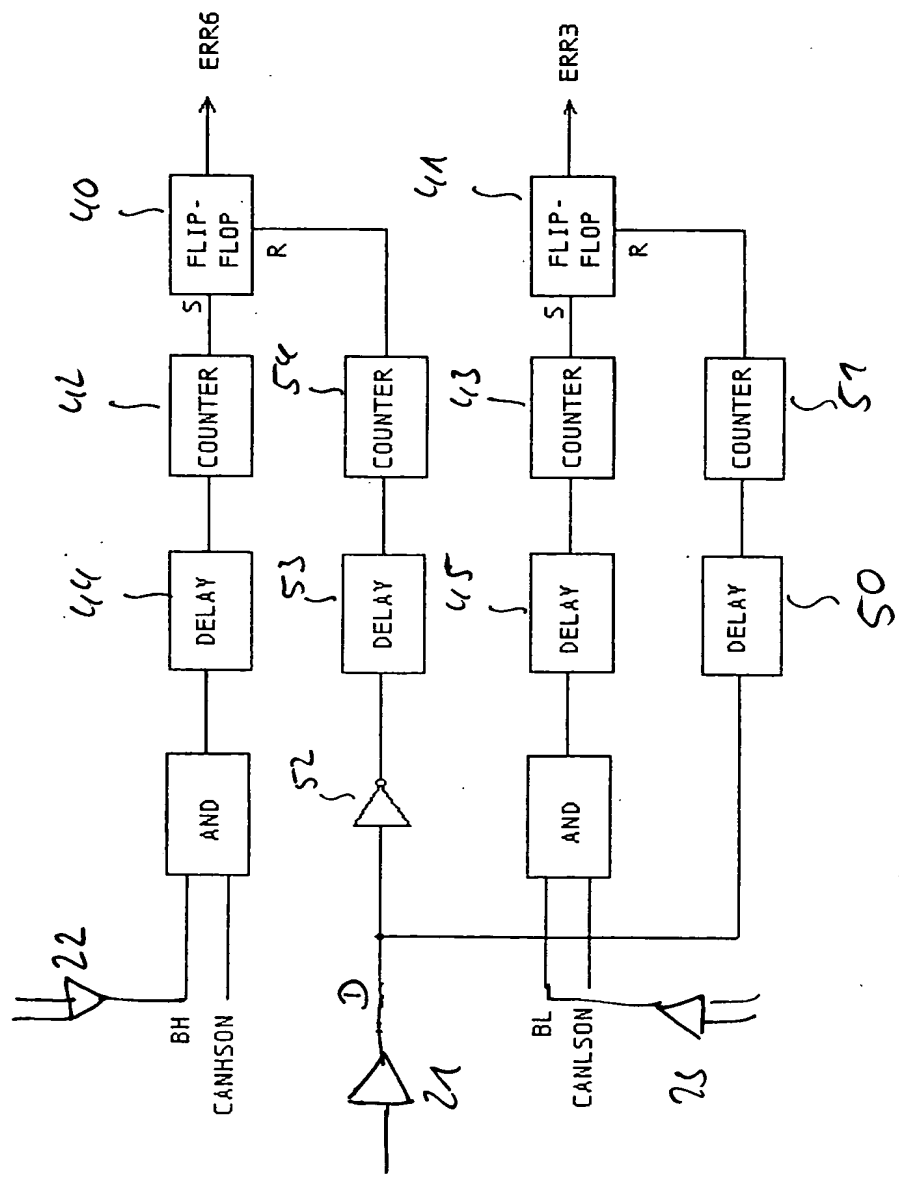


Figure 41